


Digitized by Google



ERRATUM.

Page 13, *ligne* 1re., *au lieu de* plusieurs bateaux de montée se suivent à un sas d'intervalle. *Lisez* : plusieurs bateaux, soit de montée soit de descente, se suivent à un sas d'intervalle.

MÉMOIRES
SUR
LES QUANTITÉS D'EAU,
QU'EXIGENT LES CANAUX DE NAVIGATION.

PAR J. A. DUCROS, inspecteur-général des Ponts et Chaussées, chargé de l'inspection des canaux du Midi;

SUIVIS du Rapport fait par R. PRONY, Membre de l'Institut national, et Directeur de l'Ecole des Ponts et Chaussées.

Se trouve chez GOEURY, libraire pour les mathématiques, l'architecture, etc. quai des Augustins, n°. 47, à Paris.

De l'Imprimerie de MARCHANT, rue du Pont de Lodi.

PRAIRIAL, an IX.

MÉMOIRE

SUR

LES DÉPENSES D'EAU,

Qui se font au passage des Bateaux dans les Ecluses.

LE citoyen GAUTHEY, dans son mémoire sur les écluses, imprimé en 1783, parmi ceux de l'Académie de Dijon, a relevé plusieurs erreurs dans lesquelles *Bélidor*, et divers auteurs et ingénieurs qui avoient écrit sur les canaux projettés en Bourgogne et en Champagne, étoient tombés dans leur estimation de la quantité d'eau à tirer du point de partage d'un canal de navigation, pour le passage des bateaux qui naviguent sur ce canal, et s'est attaché à déterminer, au juste, quelle étoit cette dépense dans les cas divers des écluses composées d'un

seul sas ou de plusieurs ; de la distance réciproque des différens corps d'écluses, et des cisconstances du passage des bateaux, se croisant ou filant à la suite l'un de l'autre. Les mêmes erreurs, relevées par le citoyen Gauthey, avoient été avancées, en Languedoc, assez long-tems auparavant, avec quelques autres, par divers experts chargés de vérifier les objections qui étoient faites contre la canal de Narbonne, que la ville de ce nom se proposoit alors de faire construire à ses frais. Ces experts, parmi lesquels ont été des ingénieurs en chef des fortifications, et l'inspecteur général des ponts et chaussées *Gendrier*, ont laissé des procès-verbaux où l'on trouve, entre autres, que les uns pensoient que, dans tous les cas, une barque montante par une écluse multiple, dépensoit autant d'éclusées d'eau qu'il y avoit de sas ; et d'autres, (M. Gendrier étoit de ce nombre), que cette dépense d'autant d'éclusées que de sas, en montant, avoit lieu aussi lorsque les écluses étoient séparées par de longs intervales : mais M. *Garipuy*, pour lors directeur des travaux publics du Lan-

guedoc, et qui avoit l'inspection du canal de jonction des deux mers, ayant eu occasion de lire ces procès-verbaux, fit des observations, dans lesquelles il prouva, comme l'a fait le citoyen Gauthey dans son mémoire, 1° que tous les bateaux qui remontent une écluse composée de plusieurs sas accollés, ne dépensent pas autant d'éclusées qu'il y a de sas; que cela n'est vrai que lorsque les bateaux passent long-tems l'un après l'autre, parce qu'alors on vide les sas pour ne pas en fatiguer les portes; mais, que, lorsque plusieurs bateaux vont ensemble, il n'y a que le premier qui dépense un nombre d'éclusées égal à celui des sas, tous ceux qui suivent ne dépensant qu'une éclusée chacun; de manière que pour la totalité d'un convoi, le nombre d'éclusées dépensées n'excède celui des bateaux de ce convoi, que du nombre des sas, moins un. 2° Que lorsque les écluses étoient à un seul sas et assez distantes l'une de l'autre, pour que la partie de canal intermédiaire pût fournir au passage d'une écluse, sans cesser d'avoir assez de hauteur d'eau pour

la navigation, la dépense pour un bateau de montée n'étoit que d'une seule éclusée, de même que pour la descente, telle que fût la quantité d'écluses à passer.

Ces principes constans ont dû être apperçus bien plus facilement par des ingénieurs qui avoient à s'occuper beaucoup des canaux de navigation, que par ceux qui n'avoient pas eu ce même besoin, et qui sans doute avoient eu peu d'occasions d'examiner, dans les canaux déjà faits, les mouvemens des eaux au passage des écluses : néanmoins il reste encore à faire connoître qu'elle est la véritable dépense qui se fait, pour le passage d'un bateau seul, dans une écluse composée de plusieurs sas accollés.

Le citoyen Gauthey, M. Garipuy et tous les autres ingénieurs qui ont écrit le plus exactement sur les dépenses d'eau qui se font au passage des bateaux dans les écluses, ont dit que la dépense, au passage d'une écluse à plusieurs sas accollés, étoit, pour un bateau montant, lorsqu'il est seul, d'autant d'éclusées qu'il y a de sas contigus, et pour un bateau descendant, d'une seule

éclusée; et ils n'ont compté chaque éclusée, qu'égale au produit résultant de la superficie d'un sas, multipliée par la hauteur de la chute d'un sas à l'autre. Ils n'ont pas fait attention à une grande différence qui se trouve entre le mouvement des eaux dans une écluse à un seul sas, et celui dans une écluse formée de plusieurs sas accollés. Dans le premier cas, le sas est toujours et nécessairement rempli à la même hauteur d'eau qui existe dans la retenue inférieure; on n'a donc, pour faire monter un bateau d'une retenue à l'autre, d'autre eau à dépenser que celle nécessaire pour achever de remplir le sas, depuis le niveau de la retenue inférieure jusques à celui de la retenue supérieure; et pour faire descendre un bateau, l'on n'a aussi que cette même quantité d'eau à dépenser. Mais, lorsque des sas sont accollés, on a soin de tenir vides tous ceux de ces sas qui sont entre celui placé au plus bas et la retenue supérieure à l'écluse; ce soin étant nécessaire pour que le poids de l'eau ne fatigue pas plus long-tems qu'il n'est indispensable les portes inférieures, dont la

hauteur est en général plus du double de celle de la porte de tête. Or, il résulte de cette disposition une plus grande dépense d'eau, tant pour la descente que pour la montée, qu'on n'a compté jusqu'à présent, et dont il est facile de reconnoître la mesure exacte, en observant le mouvement des eaux dans le jeu des écluses de cette espèce.

On voit d'abord (ce qui a toujours été reconnu) que pour faire monter un bateau dans de pareilles écluses, il faut remplir successivement tous les sas; mais il est à considérer en outre, qu'il faut distinguer dans la masse d'eau qui remplit chaque sas, deux sections, (*Voyez la planche*) dont l'une a pour hauteur le tirant d'eau des bateaux, selon leur enfoncement, et l'autre, celle de la chute d'un sas à l'autre, ou *idem* d'un busc à l'autre; laquelle (lorsque les chutes partielles sont de même hauteur, comme il convient qu'elles le soient) est égale au quotient de la chute totale de l'écluse divisée par le nombre des sas. La quantité d'eau qui forme la première section que j'appelle section du tirant d'eau,

est nécessaire pour que le bateau puisse passer d'un sas à l'autre; et celle qui forme la deuxième que je nomme section de chute, l'est, pour que ce bateau s'élève à la hauteur du niveau supérieur. Le nombre de ces dernières sections, ou élévations d'eau, est égal à celui des sas; et celui des premières ne l'est qu'à ce même nombre, moins un, attendu que le sas inférieur étant toujours recouvert par l'eau de la retenue inférieure, (comme je l'ai déjà dit,) il ne faut pas compter le tirant d'eau pour ce sas.

Les éclusées dans une écluse à plusieurs sas ne sont donc pas toutes égales entre elles, même à hauteur égale de chute d'un sas à l'autre, et l'éclusée du sas le plus bas est la seule dont la quantité d'eau ne soit qu'égale au produit résultant de la superficie de ce sas, multipliée par la hauteur de sa chute. Chacun des sas supérieurs dépense en outre une quantité d'eau égale à sa superficie, multipliée par le tirant d'eau du bateau. Ainsi la quantité d'eau qui se dépense effectivement dans une écluse à plusieurs sas, pour y faire monter un bateau

seul, est égale, non pas seulement à la superficie d'un sas multipliée par la chute totale de tous les sas; mais encore à cette même superficie multipliée par autant de fois le tirant d'eau, qu'il y a de sas moins un : partie considérable de dépense dont il n'a été tenu aucun compte dans les mémoires connus jusqu'à présent. (1)

Lorsqu'un bateau descend, la dépense, pour son passage dans une écluse à plusieurs

(1) Une éclusée est cette quantité d'eau qui descend de la retenue supérieure dans l'inférieure, ou bien, d'un sas dans un autre, toutes les fois qu'un bateau passe une écluse; mais cette quantité ne pouvant être la même pour tous les sas d'une même écluse, malgré l'égalité de chute de tous ces sas, on ne peut dire, comme tous les auteurs l'ont dit jusqu'à présent, que, pour un bateau de montée dans une écluse à plusieurs sas, il faut dépenser autant d'éclusées qu'il y a de sas, quoiqu'il faille, en effet, remplir tous les sas dans ce cas là; et qu'ainsi l'énoncé soit vrai, abstraction faite du plus ou moins grand volume d'eau des diverses éclusées. Mais cet énoncé, en donnant pour mesure de la dépense totale d'une écluse, un nombre de dépenses partielles ayant la même dénomination, et qu'il n'y a qu'à compter, suppose que ces dépenses partielles sont égales entre elles, et c'est en cela qu'il est faux.

sas, est de même bien différente de celle au passage d'une écluse à un seul sas, quoiqu'on ait écrit par-tout, jusqu'à ce moment, qu'elle étoit la même. En effet, lorsqu'il n'y a qu'un sas, on n'emploie que la section de la chute du sas; mais lorsque l'écluse est à deux sas, il faut, pour remplir le premier, dépenser une section de tirant d'eau en sus de celle de la chute, et la dépense s'arrête là, parce que n'y ayant point de section de tirant d'eau à fournir dans le deuxième sas qui est recouvert par l'eau de la retenue inférieure, la section de chute qui a été fournie dans le premier sas, est transmise dans le second, en même tems qu'il reste dans le premier la section de tirant d'eau qui doit s'y trouver encore, pendant que le deuxième sas est entièrement plein.

Lorsque l'écluse est formée de trois sas, la dépense est encore plus forte que pour deux sas, car alors, le deuxième sas étant entièrement vide, il faut, pour le remplir, dépenser une section de tirant d'eau et une section de chute; et comme ce deuxième sas ne peut être rempli, sans qu'il reste dans le premier

une section de tirant d'eau ; (section qui d'ailleurs est nécessaire dans ce premier sas, pour y maintenir le bateau à flot, pendant qu'on remplit le deuxième, et pour le faire ensuite passer dans celui-ci,) on voit que la dépense est de deux sections de tirant d'eau, en sus d'une section de chute. Enfin, lorsque le nombre des sas est de plus de trois, la dépense, tel que soit le plus grand nombre de sas, reste la même que pour trois, parce qu'on n'a jamais besoin à-la-fois que d'une section de chute et de deux sections de tirant d'eau, que l'on fait passer successivement par tous les sas.

Je n'observerai pas que, soit pour la montée, soit pour la descente, il peut y avoir et qu'il y a en effet économie d'eau ;

1°. Lorsqu'une barque de descente sortant du dernier sas, il en entre une de montée qui profite des deux sections de tirant d'eau qui ont resté dans les deux avant-derniers sas, n'y ayant eu à dépenser que la section de chute pour remplir le dernier.

2°. Lorsque, dans une même écluse, plu-

sieurs bateaux de montée se suivent à un sas d'intervalle.

3°. Lorsqu'une barque de montée, venant de sortir du sas supérieur, il s'en présente une pour descendre.

Tous les principes à cet égard se trouvent développés dans le mémoire du citoyen Gauthey, sur les écluses, et je n'ai voulu traiter ici que de l'excédent de dépense des écluses à plusieurs sas, à raison de ce que ces sas sont tenus ordinairement vides, au lieu que les calculs rendus publics jusqu'à ce moment, ne se trouvent justes qu'en supposant tous les sas remplis à la même hauteur de tirant d'eau, pour la navigation que l'on entretient dans les parties de canal comprises entre divers sas; ce qui est bien toujours vrai pour le sas inférieur, mais ne l'est que rarement pour les autres. Or, lorsqu'on calcule la dépense d'eau nécessaire pour alimenter un canal de navigation, il importe de compter la partie de cette dépense qui peut résulter du passage des bateaux dans les écluses, pour tout ce qu'elle peut être, parce qu'il ne faut pas risquer de ne pas estimer assez cette dépense

à laquelle il s'en joint plusieurs autres qui ne peuvent être calculées aussi exactement à beaucoup près, et que l'on peut toujours craindre de ne pas compter pour ce qu'elles seront, (celle des filtrations, par exemple).

Je dois cependant faire remarquer une grande économie d'eau que l'on peut faire, et que l'on a soin de faire en effet sur le canal du Midi, au passage, dans les écluses à plusieurs sas, des bateaux vides ou peu chargés, et à celui des bateaux de poste et des sapines qui enfoncent beaucoup moins dans l'eau que les grands bateaux. Alors, pour faire passer d'un sas à l'autre, on ne remplit celui-ci que proportionnellement au tirant d'eau du bateau qui doit passer, et l'on diminue ainsi de beaucoup la dépense des sections du tirant d'eau.

Cette observation est importante, en ce qu'elle indique un moyen de diminuer, même pour le passage des plus grands bateaux, les dépenses d'eau dans les écluses à plusieurs sas. Ce moyen consiste à tenir les buscs intermédiaires de ces écluses, à une hauteur telle, que la section du tirant d'eau n'y puisse ja-

mais avoir une hauteur plus forte que celle qui est nécessaire pour le passage du bateau le plus chargé : je m'explique, en faisant l'application au canal du Midi. On entretient dans les retenues de ce canal un fonds d'eau de six pieds, et ce même fonds, au moins, se trouve sur un grand nombre des buscs d'entrée et de sortie des écluses, et presque toujours sur les buscs intermédiaires des écluses à plusieurs sas; mais il y a quelques buscs tant d'entrée que de sortie, où la hauteur d'eau n'est que de cinq pieds, et cette hauteur est suffisante; les barques les plus chargées n'enfonçant guères plus de quatre pieds six pouces. Il y a aussi quelques buscs où il n'y a que cette dernière hauteur, et sur lesquels on ne peut, à raison de ce, faire passer les gros bateaux tres-chargés, qu'en augmentant la hauteur d'eau par des chasses tirées de la retenue supérieure; ce qui est un grand inconvénient, auquel (quoiqu'il arrive rarement) on se propose de remédier par l'abaissement des buscs. Il faut donc tenir pour constant, qu'au canal du Midi, il faut, pour le libre passage des bateaux

les plus chargés dans les écluses, qu'il y ait cinq pieds d'eau sur les buscs; et en même tems, que cette hauteur d'eau suffit à ces points là qui sont passés en un instant; quoiqu'il importe d'entretenir six pieds de profondeur dans les retenues, à raison de ce qu'il ne faudroit pas y rallentir la marche des bateaux par de plus grands frottemens des eaux qui auroïent lieu continuellement sur le fond; que, d'ailleurs, la profondeur y est diminuée d'un chomage à l'autre, par les dépots qu'y apportent divers cours d'eau chargés de limon ou d'autres matières, et qu'enfin le niveau de l'eau s'y trouve quelquefois abaissé, soit à raison du passage d'un grand nombre de bateaux en peu de tems à une écluse, soit par la fausse manœuvre de quelque éclusier. Cet abaissement de niveau, qui a lieu quelquefois, indique la nécessité de tenir les buscs d'entrée et de sortie des écluses à la même profondeur de six pieds au-dessous du niveau ordinaire des eaux, qu'il importe d'entretenir dans les retenues; mais on est le maître de tenir les buscs intermédiaires à telle hauteur de tirant

d'eau juste, que l'on juge suffisant, puisqu'on est assuré d'en remplir les sas correspondans, au niveau de l'entretoise de couronnement des portes qui y soutiennent les eaux. Ce n'est que dans le sas supérieur que l'on peut éprouver un abaissement dans la hauteur de la section du tirant d'eau sur le busc supérieur. Mais on a déjà dit, qu'à raison de cette possibilité d'abaissement, il convenoit de tenir ce busc à six pieds au-dessous du niveau ordinaire des eaux de la retenue.

Jusques à présent, dans les canaux du midi, à ceux de Narbonne et de Carcassonne, comme au canal principal de jonction des mers, on a établi généralement les buscs intermédiaires des écluses multiples, à six pieds de profondeur au-dessous du niveau de l'entretoise de couronnement des portes qui y soutiennent les eaux, tout de même que les buscs de tête et de mouille. C'est qu'on n'avoit pas encore fait attention à l'économie d'eau qui résulteroit de la rédnction de la hauteur des sections de tirant d'eau sur ces buscs intermédiaires, à celle

qui est seulement nécessaire. J'avais souvent vu dans mes tournées sur ce canal, passer des bateaux vides dans les écluses multiples, en ne recouvrant les buscs que de la quantité d'eau indispensable pour que ces bateaux puissent passer sur ces buscs sans y toucher; on en use constamment de même pour le passage des bateaux de poste, de ceux qui servent aux ingénieurs pour leurs tournées, enfin de tous les bateaux qui enfoncent peu; mais il ne m'étoit pas encore venu en pensée de mettre à profit cette observation, pour, dans des projets de pareilles écluses, disposer les buscs intermédiaires de manière à ce que leur dépense d'eau ne pût jamais excéder celle indispensable pour le passage des bateaux les plus chargés. Ce n'est qu'à l'occasion des observations contenues dans le rapport fait le premier thermidor dernier, à l'assemblée des ponts et chaussées, sur le projet d'écluses multiples à lier au pont aqueduc qui doit être construit sur la rivière de Fresquel, dans la nouvelle direction du canal du midi, vers la ville de Carcassonne, que, m'étant occupé

occupé de la recherche des moyens qu'il étoit possible de prendre pour réduire au *minimum*, la dépense d'eau de cette écluse, j'ai remarqué celui d'économie dont je viens de parler; moyen qui, employé aux écluses du canal de Languedoc, doit produire nécessairement une épargne d'un sixième sur chaque section de tirant d'eau, lors du passage des bateaux qui enfoncent le plus.

Ce moyen d'économie est non seulement applicable aux écluses multiples que l'on peut avoir à construire, mais il l'est encore, et sansaucune dépense, à toutes les écluses pareilles déjà exécutées, attendu que, pour cela il suffit, en reconstruisant les portes, autres que celle du sas le plus élevé, d'en tenir l'entretoise de couronnement à cinq pieds de hauteur seulement au-dessus du niveau du busc immédiatement supérieur, ce qui produira encore l'avantage que ces portes étant moins hautes d'un pied, seront moins fatiguées par le poids de l'eau, pendant que les sas seront pleins.

Actuellement, pour donner aux observations que je viens de présenter le dévelop-

pement ; et en même tems la précision que l'on peut désirer, je vais rapporter les formules algébriques des calculs des dépenses d'eau dans les écluses à plusieurs sas, pour tous les cas possibles ; mais auparavant je dirai, qu'ayant conféré sur cette matière avec le citoyen *Clausade*, un des ingénieurs du canal du Midi, j'ai trouvé que cet ingénieur calculoit les dépenses des écluses, d'après les mêmes principes que moi, et qu'il avoit aussi fait, pour généraliser ces calculs, des formules algébriques qui se rapportent entièrement aux miennes que je vais présenter, en rappellant en même tems sommairement les principes sur lesquels elles sont fondées.

Soit la superficie d'un sas d'écluse. . . . S

La hauteur totale du niveau de la retenue supérieure sur celui de la retenue inférieure. . H

Le nombre des sas accolés. . . . . . . n

La hauteur de chute d'un busc à l'autre, ou (ce qui est la même chose) du niveau d'un sas à celui du sas contigu, (la chute totale étant supposée distribuée également comme il convient qu'elle le soit) sera. . . . $\frac{H}{n}$

La hauteur ou tirant d'eau nécessaire sur chaque busc intermédiaire, pour que le bateau puisse passer d'un sas à l'autre. . . . . . . t

Ayant montré que la dépense d'eau pour faire monter un bateau est, pour un nombre de sas quelconque, égale à la superficie d'un sas multipliée par la hauteur ou chute totale de l'écluse, plus à cette même superficie multipliée par autant de fois le tirant d'eau, qu'il y a de sas accolés, moins un, j'ai, pour le cas de la montée, la formule générale $D = S \times \overline{H + (n - 1)\, t}$.

Ayant fait voir de même que pour faire descendre un bateau, la dépense d'eau pour les cas où il n'y a que trois sas ou un moindre nombre, est égale à la superficie d'un sas, multipliée par la chute totale de l'écluse divisée par le nombre des sas, plus par autant de fois le tirant d'eau qu'il y a de sas, moins un, la formule générale pour cette dépense est $D = S \times \overline{\frac{H}{n} + (n - 1)\, t}$; mais lorsque une écluse a au-delà de trois sas, la dépense pour le cas de la descente n'étant jamais, tel que soit le nombre des sas, que d'une section de chute dont la

hauteur est exprimée par $\frac{H}{n}$ et deux sections de tirant d'eau, ainsi qu'elle l'est dans le cas où le nombre des sas est de trois, on voit que la formule qui précède ne peut être appliquée aux écluses formées de plus de trois sas, qu'en substituant l'expression particulière $2\,t$ à l'expression générale $(n-1)\,t$; alors l'équation devient $D = S \times \overline{\frac{H}{n} + 2\,t}$ formule générale pour tous les cas où le nombre des sas est de plus de deux.

En additionnant les formules relatives aux dépenses pour la montée, d'une part, et à celle pour la descente, de l'autre, les formules qui résultent de ces additions expriment les dépenses cumulées que l'on peut désigner sous la dénomination de double passage.

La formule générale pour la descente, lorsque le nombre des sas n'est pas de plus de trois, étant.. $D = S \times \overline{\frac{H}{n} + (n-1)\,t}$

Et celle pour la montée telle que soit le nombre des sas, étant. $D = S \times \overline{H + (n-1)\,t}$

La dépense du double passage pour tous les cas où le nombre des sas n'excède pas trois, est exprimée par la formule.. $D = S \times \overline{H + \frac{H}{n} + (n-1)\,2\,t}$

laquelle pour les cas particuliers du passage dans une écluse d'un nombre de sas déterminé, devient, savoir ;

Pour une écluse à un seul sas. . $D = S \times 2H$

Pour une écluse à deux sas. . $D = S \times \overline{\frac{3}{2} H + 2t}$

Pour une écluse à trois sas. . $D = S \times \overline{\frac{4}{3} H + 4t}$

Actuellement, pour avoir une formule générale qui exprime la dépense du double passage par une écluse d'un nombre de sas quelconque, composée de trois sas ou plus, ou (ce qui est la même chose) composée de plus de deux sas, il faut additionner à la formule générale relative à la dépense de la montée, par tel nombre de sas accolés que ce soit, celle concernant la dépense de la descente, pour les cas où le nombre des sas est de trois au plus, et qui (ainsi que je l'ai déjà dit) ne diffère de celle pour la dépense de trois sas au moins, que parce que la quantité variable $(n - 1) t$ qui est dans celle-ci, est remplacée dans l'autre par la quantité constante $2 t$.

L'addition de ces deux formules, l'une pour la dépense de montée, l'autre pour celle de descente donne pour la dépense du double passage la formule générale

$D = S \times \overline{n + 1} \times \overline{\frac{H}{n} + t}$.

Si on applique cette formule générale au cas où le nombre des sas est de trois, on trouve la même formule particulière $D = S \times \frac{3}{5} \overline{H + 4t}$ que j'ai tirée ci-dessus de la formule générale pour la dépense du double passage, lorsque les sas accollés n'excèdent pas le nombre de trois; et cela doit être ainsi, les calculs étant exacts, puisque, lorsque le nombre des sas est de trois $(n - 1)t = 2t$ et, (qu'ainsi que je l'ai déjà dit) les formules pour les dépenses de descente, applicables l'une au cas où le nombre des sas n'excède pas trois, et l'autre à celui où il excède ce nombre, sont exactement les mêmes, à l'exception de ce que, dans la première, le nombre de tirants d'eau est exprimé par la variable $(n - 1)$ et que dans la seconde ce nombre est exprimé par la constante $2t$.

Etant utile de comparer entre eux les résultats des diverses formules générales énoncées dans ce mémoire, j'ai cru convenable d'en présenter ici la récapitulation.

MONTÉE.

Formule générale, tel que soit le nombre des sas accolés. . $D = S \times \overline{H + (n - 1)t}$

DESCENTE.

1° Pour les cas où le nombre des sas est de trois au plus. . . $= S \times \overline{\frac{H}{n} + (n-1)t}$

2° Pour les cas où le nombre des sas est de trois au moins, tel que soit le nombre excédent. $= S \times \overline{\frac{H}{n} + 2t}$

DOUBLE PASSAGE.

1° Pour les cas où le nombre des sas est de trois au plus $= S \times \overline{H + (n-1)t} + S \times \overline{\frac{H}{n} + (n-1)t}$ . . . . $= S \times \overline{H + \frac{H}{n} + (n-1)2t}$

2° Pour tous les cas où le nombre des sas est de trois au moins $= S \times \overline{H + (n-1)t} + S \times \overline{\frac{H}{n} + 2t}$ . . . . $= S \times (n+1) \times (\overline{\frac{H}{n} + t})$

Les diverses formules que je viens de faire connoître présentent plusieurs avantages, elles donnent d'abord le calcul exact et peu connu jusqu'à présent de la plus grande quantité d'eau qui peut être dépensée pour le double passage des bateaux dans les écluses à plusieurs sas accolés, tel que soit le nombre de ces sas. Elles indiquent ensuite comment, dans de pareilles écluses, on peut réduire

cette dépense à celle absolument indispensable pour faire passer les bateaux, et elles donnent beaucoup de facilité pour juger bien précisément des avantages ou inconvéniens qu'il peut y avoir relativement à l'économie des eaux, à distribuer une chute totale donnée, en un seul sas, ou bien en un plus ou moins grand nombre de sas accolés, dans les cas où cette chute ne pourroit être distribuée entre plusieurs écluses à un seul sas, séparées par des intervalles suffisans, pour que les retenues, formées dans ces intervalles, pussent fournir à la dépense des écluses inférieures, sans être abbaissées au-dessous de la hauteur d'eau indispensable pour la navigation.

Il résulte en effet de ces formules, relativement à la dernière observation que l'on vient de faire :

1°. Que, dans le cas d'une chute totale donnée, la dépense d'eau, pour le cas de la descente, dans un seul sas qui auroit toute cette chute, et celle pour le même cas, dans deux sas accolés qui, à eux deux, n'auroient que la même chute d'un sas seul, sont dans

le rapport de $S \times H$ à $S \times \overline{\frac{1}{2} H + t}$, c'est-à-dire, comme le produit résultant de la superficie d'un sas par la chute totale, est au produit de la même superficie par la moitié de la chute totale, plus par une hauteur de tirant d'eau; qu'ainsi le sas seul dépenseroit davantage toutes les fois que $\frac{1}{2}$ H seroit plus grand que t; que la dépense d'un sas et de deux seroit la même lorsque $\frac{1}{2}$ H = t; et enfin que celle d'un sas seroit moindre lorsque $\frac{1}{2}$ H seroit plus petit que t : ainsi (par exemple) le tirant d'eau t ne pouvant être moindre de cinq pieds aux écluses du canal de Languedoc, la dépense d'eau, pour le cas de la descente, doit être moindre par un seul sas que par deux, toutes les fois qu'on a moins de dix pieds de chute. Cette dépense doit être égale lorsque la chute est de dix pieds; et enfin, lorsque la chute est de plus de dix pieds, deux sas dépensent moins qu'un seul. Mais dans ce dernier cas, pour comparer exactement les dépenses du double passage, il faut compter de combien la dépense pour la montée est plus forte dans deux sas que dans un, à raison d'une section de tirant d'eau qu'il

fant en sus de celle de chute qui reste la même ; et c'est ce que l'on trouve, en appliquant à ce cas là la formule relative à la dépense du double passage.

Il est facile de reconnoître de même les rapports des dépenses pour le double passage dans des écluses de deux et de trois sas, ou d'un plus grand nombre quelconque, ayant les unes et les autres même chute totale ; il suffit pour cela de comparer entr'eux les résultats des formules appliquées aux divers cas particuliers. Je n'entrerai donc pas dans les détails de ces applications ; seulement, comme je n'ai rédigé ce mémoire qu'à l'occasion des objections faites contre le projet d'une écluse à trois sas, à lier au pont aqueduc qui doit être construit sur la rivière de Fresquel, près de Carcassonne, pour faire passer sous le canal du Midi cette rivière qui actuellement traverse ce canal, je crois convenable de présenter l'application de mes formules à ce cas particulier.

L'écluse à trois sas projettée pour être construite à la suite du pont aqueduc de Fresquel, a 3 t 1 p. 6 pouces de chute totale, et

cette chute est divisée en trois chutes partielles égales entr'elles, et la superficie de chaque sas doit être de 70 toises carrées.

Cela posé, je passe aux calculs de la dépense d'eau.

La superficie du sas............	$S = 70$ toises.
La chute totale de l'écluse.......	$H = 3$ t. $1:6$
Le nombre de sas accolés	$N = 3$
Le tirant d'eau sur chaque busc intermédiaire	$t = 5$

Dépense pour la descente.

Un seul sas dépenseroit............	$70^t \times 3^t\ 1:6 = 227^t\ 3:0$
Deux sas......	$70 \times \overline{1^t 3:9 \times 0^t 5:} = 172^t\ 0:6$
Trois sas......	$70 \times \overline{1^t 0:6 + 1^t 4} = 192^t\ 3:0$

Dépense pour la montée.

Un seul sas....	$70^t \times 3^t\ 1:6 = 227^t\ 3:0$
Deux sas......	$70 \times \overline{3^t 1:6 + 0^t 5:} = 285^t\ 5:0$
Trois sas......	$70^t \times \overline{3^t 1:6 + 1^t 4} = 344^t\ 1:0$

Double passage.

Un seul sas...	$227^t\ 3: + 227^t\ 3: = 455^t\ 0:0$
Deux sas.....	$172^t\ 0:6 + 285^t\ 5: = 457^t\ 5:6$
Trois sas......	$192^t\ 3:0 + 344^t\ 1: = 536^t\ 4:0$

Si, à ces trois sas, on ajoutoit un quatrième sas de même chute que chacun des trois autres, la dépense pour la descente resteroit la même que celle pour trois sas; mais celle de la montée deviendroit $= S \times \frac{4}{3}$ H +3 t. $= 70^{t} \times 6^{t}$ 5 : = 478^{t} 2 : donc la double dépense = 192^{t} 3 : + 478^{t} 2...................... = 670t 5 : 0

Dans les observations que je me propose de présenter à l'assemblée des ponts et chaussées, sur son avis du premier thermidor dernier, relatif au projet du pont aqueduc de Fresquel, et des écluses à construire entre ce pont et l'écluse actuelle, dite de Fresquel, je ferai usage des calculs que je viens de présenter, et qui indiquent au juste qu'elle seroit l'économie d'eau résultante de la construction d'une nouvelle écluse à deux sas seulement, qui, à eux deux, auroient la même chute totale de 3 t. 1 p. 6, qui est distribuée en trois sas accolés dans le projet fait en 1792, qui lui a été présenté seul le premier thermidor dernier, quoiqu'un dessin d'un premier projet que j'avois fait en 1789, et où l'écluse n'a que deux sas, existât et existe encore

dans les bureaux de l'ingénieur en chef du département de l'Aude, et que j'eusse invité cet ingénieur à envoyer les deux projets.

La rédaction du présent mémoire m'a empêché de m'occuper encore de celle de mes observations sur ces projets, mais j'espère être en état de les présenter à l'assemblée dans sa première séance; et puisque je me propose, comme je viens de le dire, d'y faire usage des résultats des formules que je viens de rapporter, je désirerois qu'elle voulût bien, en attendant, faire examiner si ces formules sont aussi exactes et fondées en principes, que je le crois, et si je n'ai point commis d'erreur dans les calculs que j'ai faits d'après elle.

Paris, le 21 floréal an 9.

DUCROS.

Nota. L'assemblée des ponts et chaussées ayant entendu, dans sa séance du 21 floréal an 9, la lecture du mémoire ci-dessus, a chargé le citoyen *Prony*, directeur de l'école des ponts et chausées, d'en faire l'examen démandé, et de lui en rendre compte.

Le rapport de cet ingénieur, n'ayant pas été remis assez tôt pour pouvoir être imprimé à la suite du mémoire ci-dessus, on le trouvera, page 61 de ce recueil.

NOTE

Pour servir d'explication à la Planche.

J'APPELLE les espaces A1, A2, A3, A4, sections de chute, et les espaces B1, B2, B3, B4, sections de tirant d'eau.

Je suppose toutes les sections de chute égales entre elles ; et de même toutes les sections de tirant d'eau à remplir par de l'eau de la retenue supérieure.

Les lignes ponctuées à petits points indiquent les divers niveaux d'eau.

Les lignes ponctuées à gros points indiquent les radiers des sas supérieurs, et les buscs intermédiaires entre le busc de tête et celui de mouille, disposés de manière que les sections de tirant d'eau n'y puissent avoir une hauteur excédente celle nécessaire pour le passage des bateaux qui enfoncent le plus.

Les lignes tirées en plein, et avec hachures en dessous, indiquent les radiers de tous les sas, et les buscs intermédiaires disposés comme on l'a pratiqué généralement jusqu'à présent aux canaux de Languedoc.

Pour faire descendre un bateau dans une écluse formée d'un seul sas, on n'a à remplir que la section de

chute A^1, celle B^1 étant toujours remplie, puisqu'elle fait alors partie de la retenue inférieure; ainsi on ne dépense qu'une section de chute.

Lorsque l'écluse est composée de deux sas, la retenue inférieure se trouve au niveau B^2; il faut donc remplir les deux sections B^1 et A^2, et vidant ensuite A^2 dans le deuxième sas, A^2 se remplit, et le bateau passe d'un sas à l'autre; la dépense d'eau est donc dans ce cas $= A + B$, c'est-à-dire, à une section de chute, plus à une section de tirant d'eau.

Si l'écluse est à trois sas, la retenue inférieure se trouve au niveau B^1; alors donc, il faut d'abord, et de même que dans le cas de deux sas seulement, remplir les deux espaces ou sections A^1, B^1, et ensuite, comme pour faire passer le bateau du premier sas dans le deuxième, il faut que l'espace B^1 reste plein en même-tems que l'on remplit ceux A^2, B^2, on est obligé de tirer de la retenue une nouvelle quantité d'eau $= B$, et ainsi la dépense totale d'eau $= A + 2\,B$, une section de chute, plus deux sections de tirant d'eau.

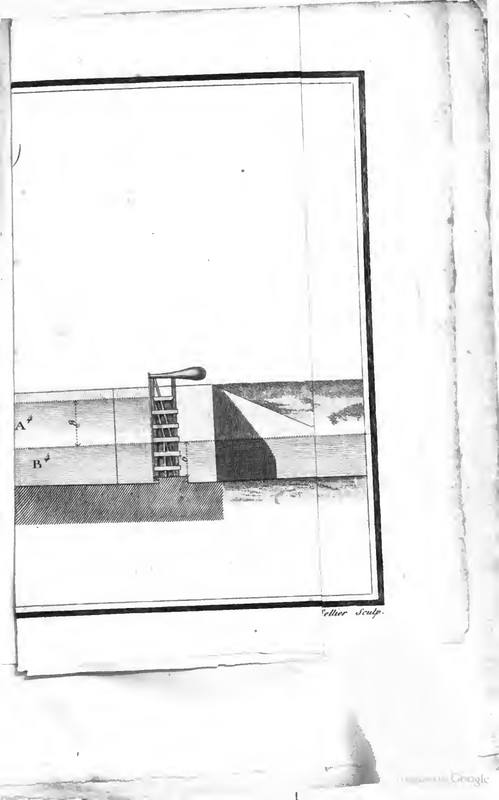
Enfin, tel que puisse être le nombre de sas accolés, en sus de celui de trois, il ne faut plus de nouvelle eau, parce que $B^1 + A^1 = B^3 + A^3$, et ainsi successivement.

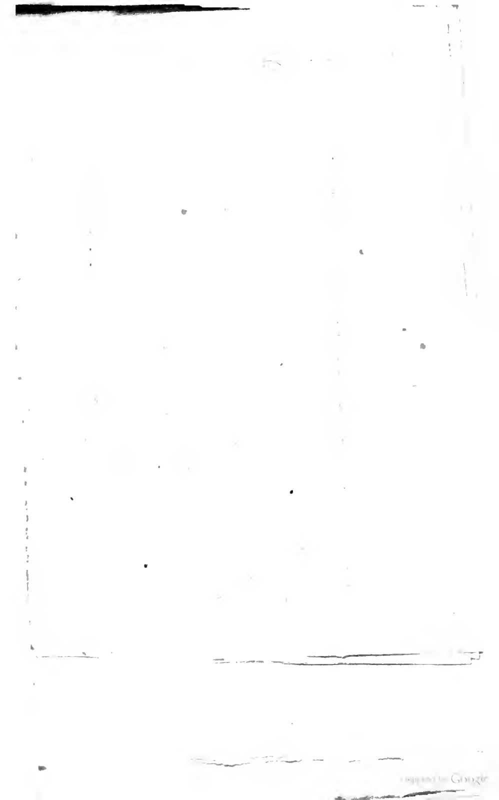
Pour faire monter un bateau dans une écluse à un seul sas, on n'a à dépenser qu'une section de chute, de même que pour le faire descendre dans une écluse pareille.

Mais lorsque l'écluse est composée de plusieurs sas, il

faut remplir d'abord la section de chute A4 et celle de tirant d'eau B3, puis les deux sections de chute ou de tirant d'eau A3, B2, et ainsi successivement jusqu'au sas le plus élevé, où l'on finit en remplissant A1 ; la dépense totale est donc d'autant de sections de chute qu'il y a de sas, plus d'autant de sections de tirant d'eau qu'il y a de sas moins un.

DE L'ÉVALUATION


A
8
B
6
Cellier Sculp.



DE L'ÉVALUATION

DES QUANTITÉS D'EAU

Nécessaires pour des Canaux de Navigation.

DANS mon mémoire sur les dépenses d'eau qui se font au passage des bateaux dans les canaux de navigation, j'ai présenté et développé les principes d'après lesquels ces dépenses doivent être calculées, et j'ai donné des formules générales, au moyen desquelles on peut trouver très-facilement quelle seroit la quantité d'eau dépensée pour cet objet, dans tel cas particulier qui existeroit, ou que l'on voudroit supposer. N'ayant rédigé ce mémoire qu'à l'occasion de la discussion qui a eu lieu dans l'assemblée des ponts et chaussées, sur mes projets pour un pont aqueduc et une écluse à plusieurs sas accollés, qui doivent être construits au canal du Midi, (du Languedoc)

dans la nouvelle direction que l'on donne à ce canal près de la ville de Carcassonne, je me suis borné à y traiter la seule question afférente à l'objet discuté, celle des dépenses d'eau pour le passage des bateaux dans les écluses.

Cependant il se fait, dans tout canal de navigation, d'autres dépenses d'eau, qui, non plus que celles qui ont lieu dans les écluses, n'ont guères été comptées, jusqu'à présent, pour ce qu'elles sont, et depuis assez long-tems je me suis proposé d'écrire sur cet objet important, ainsi que sur quelques autres, concernant l'art des canaux, qui, à mon avis, n'ont été traités encore qu'inexactement; mais sans cesse entraîné par le travail courant de ma place, je n'ai pu trouver le tems de discuter les principes qui sont présentés sur ces objets dans plusieurs ouvrages, et qui paroissent être ceux de la plupart des ingénieurs qui ont eu à faire des projets de pareils canaux; aussi n'entreprendrai-je pas aujourd'hui cette tâche, que je ne pourrois remplir qu'au moyen de développemens dont je n'ai pas,

dans ce moment, le tems de m'occuper. Mais le gouvernement ayant déjà, depuis qu'il a fait la paix continentale, donné ses ordres pour l'achèvement de divers projets de canaux, j'ai cru convenable de ne pas différer d'avantage de présenter sommairement mes observations sur les diverses dépenses d'eau d'un canal de navigation, et sur l'évaluation des quantités de chacune de ces dépenses, et d'autant plus que les auteurs de ceux de ces projets que des ingénieurs examinent de nouveau sur les lieux, par ordre du gouvernement, sont tombés dans les erreurs que j'ai à relever. Je veux parler des canaux projettés dans la ci-devant Picardie, pour la jonction, d'une part, de la Somme avec l'Escaut par Saint-Quentin, et de l'autre, de l'Oise avec la Sambre et avec l'Escaut, en passant par Landrecy. J'ai pris une connoissance détaillée de ces divers projets, en pluviose dernier, ayant été un des membres de la commission d'ingénieurs qui fut envoyée sur les lieux, lorsque le premier Consul s'y rendit; et en examinant les mémoires et les calculs

faits par les auteurs de ces divers projets; ce n'a pas été sans étonnement que j'ai vu qu'ils n'avoient tenu aucun ou presque aucun compte d'autre dépense d'eau, que de celle nécessaire pour le passage des bateaux dans les écluses. De manière que là, où ils comptoient avoir assez d'eau pour une navigation d'une activité donnée, j'estime qu'il leur en manquoit beaucoup au contraire, pour fournir à toutes les dépenses inévitables que cette navigation occasionneroit.

La première dépense qu'il faut évaluer, lorsqu'on cherche à connoître quelle quantité d'eau sera nécessaire pour la navigation d'un canal qu'on projette, est, comme on l'a toujours fait, celle pour le passage des bateaux dans les écluses, et cette évaluation ne présente d'autre difficulté que celle de prévoir quel nombre de bateaux passera sur le canal projetté; car ce nombre une fois déterminé, il n'y aura plus qu'à appliquer au cas particulier de ce canal, en ce qui concerne les écluses qu'on y devra construire, les principes et les formules de ce calcul que j'ai présentés dans mon mémoire sur cet objet. Principes

et formules qui font connoître quels sont les cas où il convient, pour l'économie de l'eau, de ne faire qu'un seul sas pour une chute totale donnée, et ceux où, au contraire, il est préférable de distribuer cette chute en plusieurs sas. Sur quoi il est à observer que l'expérience a montré qu'il faut tâcher de ne pas donner au-delà de dix à onze pieds de chute à un seul sas; d'après quoi, et vu d'ailleurs qu'une écluse composée de plusieurs sas accollés, dépense presque dans tous les cas, plus d'eau que ne le feroient ces mêmes sas s'ils étoient isolés; on doit s'attacher à n'avoir que des chutes que l'on puisse franchir convenablement par un seul sas; ce qui, pour le plus souvent, est assez facile, en s'étudiant à bien connoître le profil du terrein dans les divers emplacemens et directions que l'on peut donner à son canal. Cependant comme il arrive quelquefois qu'une partie de canal doit être placée sur un plateau qui se termine à un terrein inférieur, par une chute rapide et plus forte que celle que l'on peut donner à un seul sas, alors, à moins d'une pé-

nurie d'eau telle qu'on ne pût fournir à la dépense d'une écluse composée du nombre de sas nécessaires pour descendre du niveau supérieur au niveau inférieur, il faudroit construire là, une écluse à plusieurs sas, non pas par le motif d'économie dans la dépense de construction que l'inspecteur général des ponts et chaussées, *Gauthey*, a supposé dans son mémoire sur les écluses, avoir été celui qui a déterminé à de semblables constructions, quoiqu'en effet il y ait de l'économie; mais par un motif tout autrement puissant, qui est de se conformer à ce qu'exige le profil du terrein. Il est sensible que dans un pareil cas, à moins, je le répète, qu'on n'eût pas assez d'eau pour fournir au passage des bateaux dans une pareille écluse, il seroit improposable de faire de grands déblais pour encaisser le canal en amont de la chute du terrein, afin d'y former une ou plusieurs retenues, à des niveaux inférieurs à celui qui, dans l'autre cas, se prolongeroit jusqu'à l'écluse à plusieurs sas. Tout ce qui peut être fait en un tel cas est de réduire le nombre des sas

au moindre possible, pour diminuer d'autant celui des sections de tirant d'eau dans les sas, et de réduire aussi la hauteur de ces sections de tirant d'eau, à celle indispensable, pour que les plus gros bateaux qui naviguent dans ce canal, puissent passer d'un sas à l'autre sans toucher sur les buscs.

Une seconde dépense d'eau qui se fait dans tous les canaux, est celle résultante des évaporations. Diverses expériences ont fait connoître qu'au canal de Languedoc, les évaporations enlèvent, année commune, trente pouces de hauteur d'eau. C'est un objet d'environ 263,000 toises cubes pendant les 320 jours seulement de navigation dans ce canal, pour ses réservoirs, ses rigoles, et la partie de canal qui est nourrie uniquement par les eaux de ces réservoirs et rigoles, partie dont la longueur est d'environ 53,688 toises.

Une troisième dépense d'eau, et qui varie beaucoup, non seulement d'un canal à l'autre, mais encore dans les diverses parties d'un même canal, est celle que causent les pertes d'eau par les filtrations. Une pareille dépense qui est très-forte en certains lieux, modique

en d'autres, et nulle en quelques uns, ne peut jamais être estimée exactement, mais il faut tâcher du moins d'en faire une évaluation aussi approximative que possible. Pour cela, il est indispensable d'examiner avec grand soin la nature du sol dans lequel le canal doit être ouvert, et sa position relativement aux vallons ou aux lits des cours d'eau qui l'avoisinent. Car, si le sol est graveleux ou sabloneux ou même de rocher, mais parsemé de fentes, il faut s'attendre à de grandes filtrations, sur-tout pendant les premières années de la navigation, et il faut compter sur de plus grandes dépenses encore, si le canal à ouvrir dans des terreins perméables à l'eau, doit en même tems être placé sur un penchant de montagne; et de même, s'il doit l'être sur un terrein plat, mais plus élevé qu'un cours d'eau peu éloigné, ou encore, qu'un vallon sans cours d'eau. Il est même à observer que de longs vallons, sans cours d'eau apparent, indiquent la perméabilité du terrein, ce qui doit porter à en examiner la qualité de plus près. (1)

(1) Tout le pays de la Somme à l'Escaut, dans les

Le citoyen *Pin*, ingénieur en chef du canal de Languedoc, estime, d'après diverses observations qu'il a faites, que, dans la partie de ce canal qui est uniquement alimentée par les eaux du point de partage, ce qui comprend tout l'intervalle entre la Garonne où le canal finit, et la rivière de Fresquel près de Carcassonne, où l'on prend les eaux de cette rivière, que dans cette partie et dans les rigoles et les réservoirs qui l'alimentent, les pertes occasionnées par les filtrations sont à celles causées par les évaporations, comme 3 à 2, ce qui en porte la totalité pendant 320 jours de navigation à 393,877 toises cubes, et le citoyen *Clausade*, ingénieur du même canal, chargé de la division de Castelnaudari, croit, d'après diverses expériences, que cette évaluation n'est pas, à beaucoup près, assez forte. Cette partie du canal de Languedoc est néanmoins celle où ce canal est le plus généralement placé vers le bas des vallons et dans

---

directions que l'on a données ou que l'on peut donner au canal de jonction de ces deux rivières, entre Saint-Quentin et Vandhuille, est dans ce dernier cas, on n'y trouve aucun ruisseau.

un terrein de meilleure consistance. Aussi les filtrations y absorbent-elles une bien moins grande quantité d'eau que dans d'autres parties, et notamment dans un grand nombre d'endroits de la retenue de 27,532 toises de longueur qui précède l'écluse octuple de Béziers : et si cette retenue ne recevoit, indépendamment des eaux qui y arrivent des parties supérieures, celles qu'on y améne de la rivière de Cesse, et dont la quantité moyenne est de 6000 toises cubes par jour, il seroit entièrement impossible d'y soutenir la navigation, ce à quoi contribue véritablement la grande dépense de l'écluse de Béziers ; mais les filtrations y entrent aussi pour beaucoup, puisqu'en plusieurs endroits elles noyent, malgré les contre-canaux, une assez grande étendue de terres riveraines, et qu'en d'autres, elles forment une multitude de petits ruisseaux qu'on arrête bien autant que l'on peut, en ouvrant dans les francbords des tranchées que l'on remplit de conroi, mais qui souvent reparoissent bientôt à peu de distance. Cet exemple fait sentir combien, dans le calcul que l'on fait de la quantité d'eau né-

cessaire pour alimenter un canal de navigation, on doit craindre de ne pas compter pour assez, les pertes que ces filtrations pourront occasionner; combien, par conséquent, il faut avoir soin de bien reconnoître la nature du terrein sur lequel on doit établir cette navigation et sa position relativement aux vallons et aux cours d'eau peu éloignés, et combien enfin il importe d'avoir une quantité d'eau excédant les besoins prévus pour les dépenses du passage des bateaux dans les écluses, pour celles des évaporations, et pour celles des filtrations; car il sera toujours à craindre que celles-ci ne soient plus fortes, sur-tout dans les premières années, qu'on ne l'auroit compté. En octobre 1787, ayant fait mettre les eaux dans le canal de Narbonne qui venoit d'être achevé, ce ne fut pas sans un peu d'étonnement, qu'environ quinze jours après, je vis surgir les eaux de toutes parts, à la surface du terrein, sur une assez grande étendue de la plaine que ce canal parcourt. Je fus obligé de faire baisser l'eau dans toutes les retenues, pour diminuer son action; d'élargir les contre-canaux, et d'ouvrir plusieurs fossés pour con-

duire d'un côté dans une rivière voisine, et de l'autre dans un assez grand ruisseau peu éloigné, les eaux que ces contre-canaux recevoient en abondance. Moyennant l'emploi rapide de ces moyens, les champs furent bientôt assez secs pour qu'on pût les semer; et en soutenant les eaux moins hautes dans le canal, les filtrations ne furent plus aussi fortes; mais quoiqu'elles aient bien diminué depuis, elles sont encore considérables, et il est heureux que ce canal soit peu éloigné de la prise des eaux de la rivière de Cesse, non seulement à raison des eaux que cette rivière fournit, mais aussi parce qu'en introduisant ces eaux un peu troubles, elles laissent des dépôts qui peu-à-peu garnissent et recouvrent les interstices par où les eaux se perdent. Avant d'entreprendre ce canal, la nature du terrein, qui n'est presque que du gravier, avoit déterminé à ouvrir dans son emplacement plusieurs puits dans lesquels on avoit fait jetter une grande quantité d'eau à plusieurs reprises, et on avoit évalué les pertes que les filtrations occasionneroient toutes les vingt-quatre heures, au tiers du

cube de l'eau que contiendroit le canal, évaluation qui a engagé à donner à ce canal un pied de profondeur de plus qu'on ne donne ailleurs, afin de pouvoir y laisser toujours un pied de hauteur de dépôt lorsqu'on le recreuseroit, et c'est une bonne précaution à prendre en pareil cas, mais qui ne dispense pas de s'assurer d'un grand volume d'eau, car il ne faudroit pas que, même pendant quelques années seulement, la navigation ne pût être soutenue sans interruption. (1) Aux trois ob-

(1) Le canal de Narbonne a perdu dans les premiers tems beaucoup plus qu'on ne s'y étoit attendu ; mais les filtrations ayant diminué peu-à-peu, il fut constaté en juillet 1788, c'est-à-dire, neuf mois après qu'on y eut établi la navigation, que ce canal, dont la longueur est de 2630 toises, depuis le canal principal du Midi qui lui fournit l'eau, jusqu'à la rivière d'Aude où il aboutit ; que ce canal de Narbonne, dis-je, qui contient environ 23,000 toises cubes d'eau, ne dépensoit plus, en vingt-quatre heures, que 3800 toises cubes, c'est-à-dire, environ le sixième de la quantité totale de l'eau que le canal contient. Cette dépense, qui doit être mise presque en entier sur le compte des filtrations, puisque l'évaporation n'y entre que pour 30 toises cubes $\frac{1}{7}$ étoit encore bien forte. Elle a diminué depuis des deux tiers ou à-peu-près ; mais c'est encore beaucoup que d'avoir à dépenser,

jets de dépense d'eau dont je viens de parler; je n'ajouterai pas les pertes qui se font presque toujours en plus ou moins grande quantité par les portes des écluses, parce qu'elles ne font que remplacer une partie des vides occasionnés par les filtrations et les évaporations; mais je ne dois pas omettre celles assez considérables que les vents violens occasionnent quelquefois. Il n'est pas rare, sur les canaux du Midi, de voir de grandes lames d'eau jettées les unes sur les rives du canal, les autres par-dessus les portes des écluses. Les eaux de celles-ci ne sont véritablement perdues qu'en partie, mais celles des autres le sont en entier. Il faut donc encore compter cette dépense pour quelque chose; il faut compter aussi pour quelque chose, et même

---

pour le seul objet des filtrations, environ 1200 toises cubes, en vingt-quatre heures, pour un canal qui n'a que 2630 toises de longueur, et où même l'eau ne se perd guères que sur une longueur d'environ 2000 toises. Ces pertes diminueront certainement encore, mais il est très-vraisemblable qu'elles occasionneront toujours une dépense plus considérable que celle pour le passage des bateaux dans les écluses.

pour assez, les eaux dépensées mal-à-propos par inexactitude ou négligence de service de la part des éclusiers, ou même par erreur de divers agens employés à régler le mouvement des eaux ; je m'explique : la marche des bateaux qui naviguent sur un canal n'est ni ne peut être réglée de manière à ce qu'ils ne se suivent qu'à des distances déterminées, et qu'ils n'affluent pas dans un point plus que dans un autre; il doit arriver donc, et il arrive, en effet souvent, qu'en même tems qu'il passe peu de bateaux dans un point supérieur, il en passe beaucoup dans un point inférieur ; d'où suit la nécessité d'envoyer de l'eau dans ce dernier point. Cette même nécessité dérive aussi quelquefois de ce que les écluses dépensent plus d'eau les unes que les autres, et de ce que des retenues de peu de longueur ne peuvent fournir au passage de plusieurs bateaux dans les écluses qui y soutiennent les eaux, sans cesser d'avoir le fonds d'eau nécessaire à la navigation. Dans tous ces cas il faut opérer les remplacemens, en les faisant fournir de suite par les retenues supérieures, de l'une à l'autre, jusques

au point de partage. Or, on sent combien il est difficile qu'aucun éclusier ne laisse passer plus d'eau qu'il ne faut, ou bien qu'il n'en fasse verser par-dessus les couronnemens des reversoirs, s'il les retient trop, et qu'ainsi il ne soit tiré du point de partage que l'eau nécessaire au remplacement qui étoit à effectuer. D'autre part, cet inconvénient a lieu aussi dans l'état ordinaire d'un canal quelconque, dont le cours est un peu long, parce que, n'y auroit-il qu'à remplir les vides résultant des pertes d'eau occasionnées par les filtrations et les évaporations en sus de ceux qui sont la suite des dépenses d'eau nécessaire pour le passage des bateaux dans les écluses, il faut que les eaux soient courantes nuit et jour, et c'est ce qui se fait au canal principal du Midi, où la moindre quantité d'eau que l'on fournit du point de partage, toutes les vingt-quatre heures, est de 6,125 toises cubes, dont la moitié est envoyée du côté de la Garonne, et l'autre moitié vers la Méditerranée; la longueur des parties de canal à alimenter de part et d'autre par les seules eaux tirées du point de partage étant

à-peu-près

à-peu-près égale (1). Cette fourniture est augmentée lorsque les patrons des bateaux de poste, instruisent qu'il y a beaucoup de bateaux de commerce à faire monter dans les écluses de forte dépense, et elle est portée au besoin jusques à 4,000 toises cubes et plus pour chaque versant. La fourniture de 6,125

(1) La distance de la Garonne au point de partage est de.................... 26,787t.
celle de ce point de partage à la rivière de Fresquel, de.................... 26,901.
Ce qui donne pour la longueur totale des parties de canal à alimenter au moyen des seules eaux du point de partage à.. 53,688
la largeur du canal étant de 10 toises au niveau de l'eau, sa superficie, sur 53,688t. de longueur, est de 536,880 toises, qui, multipliées par 2 pieds 2 pouces de hauteur, enlevées par l'évaporation pendant 320 jours de navigation, produit........ 193,873 toises cubes,
les filtrations étant aux évaporations : : 3 : 2, leur dépense se porte à .... 290,810 toises cubes;
ainsi ces deux dépenses réunies montent a celle de.......... 484,683 toises cubes;
ce qui revient à plus de 4,630 toises cubes pour un kilomètre de longueur de canal, plus de 9 toises cubes par toise courante, dans une partie où les filtrations sont moindres que dans aucune autre de ce même canal.

toises cubes d'eau par jour, que j'ai dit être la moindre qui se fasse, donne, pour dépense totale pendant les 320 jours de navigation, 1,959,000 toises cubes, sur laquelle, d'après les observations du citoyen Pin, les évaporations et les filtrations réunies, dépensent 484,683 toises cubes; c'est-à-dire, près du quart.

Mais les dépenses d'eau nécessaires pour entretenir un canal plein pendant la durée de sa navigation, ne sont pas les seules auxquelles il faut pourvoir lorsqu'on projette un canal; il est encore indispensable d'avoir une quantité d'eau excédente qui puisse être réservée pour fournir à la dépense qu'on a besoin de faire une fois chaque année, pour remplir le canal après qu'on y a fait les réparations qui ont exigé la mise à sec. Au canal du Midi, lors du chomage annuel de la navigation, dont la durée est d'environ quarante-cinq jours, on a grande attention de ne mettre à sec que les retenues où l'on a à travailler; néanmoins, pour rétablir la navigation après les travaux faits, il faut tirer des réservoirs 500,000 toises cubes d'eau année moyenne.

Quel n'a donc pas dû être mon étonnement lorsque, examinant avec les autres commissaires nommés à cet effet en pluviose dernier, les divers projets faits pour des canaux de navigation de la Somme à l'Escaut par Saint-Quentin, et de l'Oise à la Sambre et à l'Escaut par Landrecy, j'ai vu que les auteurs de ces divers projets n'ont calculé les quantités d'eau nécessaires pour nourrir leurs canaux, qu'en raison de celles qui seroient dépensées pour le passage des bateaux dans les écluses, sans compter pour rien la plus ou moins grande longueur de canal qu'on auroit à entretenir plein avec les eaux tirées du point de partage, et sans songer au besoin d'avoir en réserve une quantité d'eau suffisante, non pas seulement pour fournir aux dépenses des canaux pendant la durée de leur navigation; mais encore à celle nécessaire pour le prompt rétablissement de cette navigation, après les chomages indispensables pour faire les réparations annuelles. Les auteurs de ces divers projets ont évalué le nombre de bateaux qui navigueroient dans les canaux dont ils s'occu-

poient ; et partant de cette évaluation ils ont compté qu'il faudroit, pour le passage de ces bateaux, tant d'éclusées, que ces éclusées produiroient une telle quantité totale d'eau, et en comparant cette quantité avec celle résultante des jauges des ruisseaux qu'on peut amener au point de partage, ils ont jugé de la suffisance des eaux par cette comparaison. Seulement les ingénieurs qui ont fait les projets du canal de l'Oise à la Sambre et de la Sambre à l'Escaut, se sont ménagés des réservoirs de peu de capacité, dans la seule vue de pouvoir suppléer pendant l'été à l'insuffisance des eaux fournies alors par les divers cours d'eau qui devoient être reçus dans le canal. Il est cependant bien sensible que dans un canal quelconque de navigation, et en supposant le terrein de même qualité sur toute la longueur de ce canal, il doit se faire, par les évaporations et les filtrations, une perte d'eau proportionnelle à cette longueur ; au lieu que si l'on n'avoit égard qu'au nombre des bateaux qui passent dans les écluses, il faudroit autant d'eau pour entretenir le canal, s'il n'avoit qu'une lieue de

longueur de part et d'autre du point de partage, comme s'il en avoit vingt ou trente, ou davantage; ce qui, comme l'on voit, est absolument inadmissible.

Il ne suffit donc pas de compter la dépense pour le passage des bateaux dans les écluses, ni encore celle qui est occasionnée par les pertes qui se font aux portes de la première écluse de chaque côté du point de partage, comme l'ont fait un grand nombre d'ingénieurs; il faut en outre, et indispensablement, compter combien de longueur de canal on aura à entretenir avec les seules eaux tirées de ce point de partage, quelle quantité d'eau les évaporations enlèveront sur cette longueur, la largeur du canal étant donnée, et quelle on peut craindre de perdre par les filtrations, en observant d'évaluer celle-ci d'après un examen bien soigné de la nature du terrein, qu'à cet effet il aura fallu faire creuser dans les parties où diverses indications auront présenté des motifs de doute, et en comptant plutôt plus que moins. Enfin, à la somme résultante de l'addition de ces diverses quantités, il faut ajouter

celle nécessaire pour remplir les parties de canal qu'on aura été obligé de mettre à sec chaque année pour les réparations ; objet pour lequel seul, un ou plusieurs réservoirs sont indispensables dans tout canal à point de partage. *Laurent* n'avoit pas songé à en faire pour son canal de la Somme à l'Escaut ; il avoit imaginé de le nourrir par les seules eaux que fourniroient les filtrations à travers la roche dans laquelle il avoit commencé d'ouvrir son souterrein ; mais c'étoit certainement une grande erreur et sous plusieurs rapports. *Devicq* ; ingénieur militaire, qui en 1727 a fait un projet pour cette même communication de la Somme avec l'Escaut, en passant par Saint-Quentin, n'avoit pas manqué de faire un réservoir ; mais dans son travail, d'ailleurs très-bien fait, il n'a pas dit quelle quantité d'eau il comptoit que contiendroit ce réservoir. Un autre ingénieur militaire, (*la Fitte Clavé*) qui en 1780 a fait avec beaucoup de soin, le projet d'un canal de l'Oise à la Sambre, prise à Landrecy, et de la Sambre à l'Escaut par la forêt de Mormal et la petite rivière d'Ecail-

lon, se proposoit de former, pour le premier de ces canaux, un réservoir au point de partage, près du village d'Oisy; mais il ne destinoit ce réservoir qu'à nourrir son canal pendant les sécheresses, ne s'étant pas occupé des moyens de le remplir en peu de tems, lorsqu'il faudroit y rétablir la navigation; et au canal de la Sambre à l'Escaut, il n'y avoit d'autre réservoir qu'une longue retenue au point de partage, où dans les tems ordinaires on auroit pu tenir les eaux plus élevées qu'il n'eût été nécessaire pour la navigation, afin d'avoir un moyen de supplément lorsque les sources fourniroient peu.

C'est cependant un objet bien important que celui de pouvoir rétablir en peu de jours la navigation d'un canal de longue étendue, et cela ne se peut faire qu'au moyen de réservoirs qui contiennent non-seulement assez d'eau pour suppléer, pendant les tems de sécheresse, à l'insuffisance des cours d'eau naturels, mais encore pour remplir le canal après les chomages. Et il importe que ces réservoirs soient percés d'ouvertures suffisantes pour vider une grande quantité d'eau

D 4

en peu de tems; ce qui exige que l'on donne aux rigoles des dimensions proportionnelles. La rigole du canal du Midi qui y conduit les eaux fournies par le réservoir de S. Ferréol, vide dans ce canal, lors du rétablissement de la navigation, 2,200 toises cubes par heures, 52,800 en 24 heures, de manière que dans neuf jours et demi on fournit les 500,000 toises cubes, qui, année moyenne, doivent l'être par le point de partage pour remplir le canal; au lieu que s'il n'y avoit point de réservoir, on n'auroit pour ressource que les produits journaliers des rigoles; produits qui, d'après les rapports du citoyen Pin, sont moyennement de 2,610 toises cubes en vingt-quatre heures, et qui doivent être moindres vers le premier vendémiaire, époque à laquelle on rétablit la navigation. Mais en comptant sur ce produit là, on trouve qu'il faudroit plus de cent quatre-vingt-onze jours, ce qui revient à plus de six mois et onze jour, pour remplir le canal; c'est-à-dire qu'on ne le rempliroit point, parceque les pertes résultantes des filtrations et des évaporations, retarde-

roient jusqu'à l'époque du chomage de l'année suivante.

Je terminerai ce mémoire en disant un mot sur le choix des emplacemens pour les réservoirs. Il importe de les établir dans des vallons resserrés en un point par le rapprochement des coteaux ou des montagnes qui les bornent, mais plus spacieux en amont de ce point, et dont la pente d'abord assez douce devienne rapide à quelque distance; ce qui est fondé sur ce que la digue, pour le barrage, doit être le plus court que l'on pourra, et qu'il est à désirer de pouvoir contenir beaucoup d'eau dans un petit espace, et cela pour deux raisons; la première, que moins un étang ou réservoir a de superficie et plus de hauteur d'eau, moins il perd par l'évaporation; car cette cause agit non-seulement en raison des superficies, mais encore elle accroît son action lorsque la profondeur est peu considérable; la seconde, que l'on noye beaucoup moins le terrein. Il vaut donc mieux, lorsqu'on le peut, avoir des réservoirs moins spacieux, mais profonds, que d'en avoir de grands, mais de petite profondeur, quoique les digues des premiers

soient plus dispendieuses que celles des seconds ; et pour les mêmes raisons il vaut mieux avoir peu de réservoirs pour contenir une quantité d'eau donnée, que d'en avoir plusieurs. Au canal du Midi il n'y a que deux réservoirs, celui de Saint Ferréol, qui contient environ 900,000 toises cubes d'eau ; et dont la hauteur, entre la digue de barrage, est de 100 pieds ; et celui de Lampy, qu'on n'a pas encore jaugé, mais qu'on croit qui contient de 4 à 500,000 toises cubes, et où il y a 50 pieds d'eau contre le mur qui y soutient les eaux. Ce dernier réservoir, surtout, noye peu de terrein, et la digue de barrage en est courte, l'emplacement en ayant été choisi avec réflexion.

Ces dernières observations peuvent avoir leur application dans les recherches que des ingénieurs font à présent sur les lieux, par ordre du gouvernement, pour terminer les projets du canal de la Somme à l'Escaut, et pour reconnoître lequel des deux projets faits, l'un par l'ingénieur militaire, *Devic*, et l'autre par *Laurent*, il convient le mieux d'exécuter, en y faisant les améliorations dont l'un et l'autre sont susceptibles.

25 *floréal*, *an* 9.

RAPPORT

*Fait à l'assemblée des Ponts et Chaussées ; par R. PRONY, membre de l'Institut national, et directeur de l'École des Ponts et Chaussées, sur un Mémoire de l'*Inspecteur-Général DUCROS, *relatif aux quantités d'eau que dépensent les bateaux à leur passage dans les écluses.*

L'ASSEMBLÉE m'a chargé de lui rendre compte d'un mémoire du citoyen *Ducros*, où cet inspecteur général traite des quantités d'eau que dépensent les bateaux à leur passage par les écluses.

Je vais d'abord présenter à l'assemblée une analyse de ce mémoire.

La théorie du volume d'eau fourni par un point de partage ou une retenue, selon les différens systêmes ou dispositions d'écluses, et les différentes combinaisons de passage des bateaux, étoit encore bien imparfaite, il y a moins de 40 ans, si on en juge par des rapports faits aux états de Languedoc, en 1766 et 1769, qui contien-

nent des erreurs grossières. Ces erreurs ont été ensuite reconnues par d'habiles ingénieurs, qui ont déterminé, avec exactitude, le nombre d'éclusées fournies par une retenue pour le passage des bateaux, soit montans, soit descendans qui traversent une suite de sas accolés.

Cependant les résultats auxquels ces maîtres de l'art étoient parvenus, pouvoient, dans des circonstances qui ont lieu assez généralement, induire en erreur sur la quantité d'eau effective fournie par la retenue. Ils avoient supposé que l'éclusée, dans l'hypothèse des sas accolés, étoit composée seulement d'un prisme, ayant pour base la section horizontale d'une écluse, (on les suppose toutes égales et de même chute) et pour hauteur la chute totale divisée par le nombre des écluses. Cette évaluation est exacte, 1° lorsque la chute se franchit par une seule écluse; 2° lorsque les écluses accolées étant en nombre quelconque, on conserve toujours, dans chaque sas, une hauteur du fluide, au-dessus du busc, égale au tirant d'eau du bateau.

Mais le citoyen *Ducros* observe que l'usage le plus général, lorsqu'il s'écoule un certain tems sans passage de bateaux, est de tenir vide tous les sas, à l'exception de celui qui communique à la retenue inférieure, et dans lequel l'eau se trouve nécessairement au niveau de celle de la retenue. Cette circonstance apporte un changement notable dans la dépense de la retenue supérieure; car il ne suffit pas qu'elle fournisse un ou plusieurs prismes de fluide pareils à ceux ci-dessus mentionnés, ou qui formoient les *éclusées*, dans l'ancienne acception, il faut encore quelle fournisse un ou plusieurs supplémens d'eau, dont chacun puisse remplir un sas jusqu'à la hauteur nécessaire pour qu'un bateau puisse y flotter.

Le citoyen *Ducros* appelle ***section de chute***, le volume d'eau qui se rapporte à la dépense de la première espèce; et ***section de tirant d'eau***, le volume d'eau qui se rapporte à la dépense de la seconde espèce.

On peut, au moyen de ces dénominations,

énoncer avec précision et clarté, ce que les recherches du citoyen *Ducros* ajoutent à celles de ses prédécesseurs. Jusqu'à présent on avoit assigné avec exactitude le nombre de *sections de chute* dépensées par un bateau, soit montant, soit descendant, qui traverse une suite de sas accolés; mais on avoit négligé les sections de tirant d'eau, soit que cette considération ne fût pas venue à la pensée des ingénieurs qui se sont occupés du probléme, soit qu'ils aient calculé dans l'hypothèse tacite que chaque sas renfermoit toujours une section de tirant d'eau.

L'introduction, dans les données du probléme, du fait contraire à cette hypothèse, est justement ce qui caractérise les recherches du citoyen *Ducros*, et distingue son travail de ce qui a été fait précédemment. Examinant donc, d'après la distinction heureuse qu'il a faite des sections de chute et de tirant d'eau, les nombres de ces sections tirées respectivement de la retenue supérieure pour un bateau qui monte une suite d'écluses accolées, il trouve que

cette dépense est d'un nombre de sections de chute égal à celui des sas accolés, plus un nombre de sections de tirants d'eau égal à celui de ces sas, moins un.

La descente par la même suite d'écluses accolées, non-seulement donne une dépense différente, mais présente deux cas qui ne rentrent pas l'un dans l'autre, et se rapportent à deux formules différentes. Le premier est celui où le nombre des sas n'excède pas trois; la dépense est d'une section de chute, et d'autant de sections de tirants d'eau qu'il y a de sas, moins un. Le second cas est celui où le nombre des sas n'est pas moindre que trois; la dépense, quel que soit ce nombre, est d'une section de chute et de deux sections de tirants d'eau. On voit que le cas des trois sas est commun aux deux formules, et établit, pour ainsi dire, le passage de l'une et de l'autre.

On a donc trois formules relatives à la traversée d'un bateau, soit montant, soit descendant; et ajoutant chacune des deux dernières à la première, on a deux autres

formules pour la dépense de la double traversée, dans le cas de 1, 2 et 3 sas accolés, et dans celui de 3 sas et plus.

L'auteur introduit dans les expressions analytiques, les valeurs de la chute totale, de la superficie d'un sas et du tirant d'eau d'un bateau, ce qui facilite les calculs, en les rapportant aux données immédiates qui résultent des dimensions des écluses et de l'enfoncement des bateaux. Il applique ensuite ses formules à l'écluse à trois sas, projettée pour être construite à la suite du pont aqueduc de Fresquel.

Enfin, il mêle ses recherches théoriques de quelques remarques dont la pratique peut tirer grand parti. Il observe, par exemple, qu'il y a beaucoup d'avantages, dans une suite de sas accolés, à tenir tous les buscs, excepté ceux des sas accolés qui communiquent aux deux retenues, à des élévations telles que les sections de tirant d'eau n'y puissent jamais avoir des hauteurs plus fortes que celles nécessaires pour les passages des bateaux les plus chargés. Ce n'est que

que dans les retenues et les écluses auxquelles ces retenues aboutissent, qu'il importe d'avoir une grande hauteur. On trouvera dans la réduction que propose le cit. *Ducros*, économie d'eau et augmentation de la solidité des portes. Il entre à cet égard dans des détails, pour lesquels il est nécessaire de consulter son Mémoire.

Comparant les dépenses d'eau que produit une chute donnée, dans le cas où on la franchit par le moyen d'une écluse, et dans celui où on emploie deux sas accolés, il trouve (et le rapport se déduit immédiatement de ses formules) que la dépense d'une seule écluse est plus grande ou plus petite que celle de deux chutes, suivant que la moitié de la hauteur totale à franchir est plus grande ou plus petite que le tirant d'eau; lorsque ces deux dernières quantités sont égales, les deux premières le sont aussi.

Tels sont, en substance, les objets traités dans le Mémoire du citoyen *Ducros*, dont la théorie et les formules sont parfaitement

exactes ; cette théorie et les conséquences que l'auteur en déduit, étant également nouvelles, curieuses et utiles, je pense que l'auteur a des droits à la reconnoissance de l'assemblée dont son ouvrage mérite l'approbation.

Il a voulu se borner dans l'évaluation générale de la dépense d'eau, au cas d'un seul bateau qui monte ou qui descend. On voit, cependant, par divers passages du mémoire, qu'il lui auroit été aisé de généraliser la solution et de l'appliquer à un convoi d'un nombre quelconque de bateaux qui traversent des sas accolés; et peut-être quelques lecteurs regretteront-ils de ne pas y voir le problême résolu aussi généralement qu'il est possible. Je me suis, par ce motif, occupé de la solution générale, et les formules auxquelles je suis parvenu, sont tellement simples et commodes à calculer, que je ne puis me dispenser de les rapporter ici, parce que, indépendamment de leur utilité, elles forment un supplément naturel au travail du citoyen *Ducros.*

Je commence par le cas d'un convoi de bateaux montans : lorsqu'on a la dépense due au premier bateau, il s'agit d'exprimer analytiquement ce qui a déjà été remarqué par *Garipuy*, *Gauthey* et *Ducros*; savoir: que chacun des bateaux suivans ajoute à cette dépense une *section de chute*, qu'on pourroit appeller *prisme de remplissage*; parce qu'il s'agit d'un volume d'eau destiné à achever de remplir une écluse depuis le niveau superficiel de sa section de tirant d'eau, jusqu'au niveau superficiel de la section de tirant d'eau dans le sas immédiatement supérieur, ou dans la retenue, si ce volume d'eau remplit le sas le plus élevé.

Passant ensuite au cas d'un convoi de bateaux descendans, j'observe que le premier bateau laisse dans chacun des antépénultième et pénultième sas, *une section de tirant d'eau*, que par analogie avec le nom de *prisme de remplissage*, je proposerois d'appeller *prisme de flottaison*, parce qu'il s'agit du volume d'eau dans lequel le bateau est flottant ou suspendu lors de son passage d'une écluse à l'autre.

Le séjour de ces deux prismes dans les sas a été remarqué par le citoyen *Ducros*, et il a fait voir qu'il en résultoit une économie d'eau pour les bateaux suivants. Mais, pour lier cette remarque au point de théorie dont il s'agit ici, il faut encore observer que les bateaux qui suivent le premier, ou une partie d'entr'eux, laissent aussi des *prismes de flottaison* dans les sas ; la quantité de ces prismes dépend et du nombre des sas et de l'espèce de ce nombre qui peut être pair ou impair. Voici une série de propositions qui mettra dans le plus grand jour l'application de ces idées générales à la solution que je cherche. Pour plus de commodité, je désignerai les sas, en les numérotant par 1, 2, 3, etc. *n*, depuis le plus élevé jusqu'au sas inférieur ou *n*e sas.

1°. Il y a dans tous les tems un *prisme de flottaison* dans le *n*e sas.

2°. Le premier bateau qui descend laisse un prisme de flottaison dans chacun des sas N°. n — 1 et n — 2.

3°. Pour ce qui concerne les bateaux sui-

vans, il faut distinguer les cas où le nombre n des sas est pair ou impair ; si ce nombre n est impair après la descente de $\frac{n-1}{2}$ bateaux, il y aura un prisme de flottaison dans chacune des écluses, parce que l'un quelconque de ces $\frac{n-1}{2}$ bateaux, après avoir tiré de la retenue supérieure un *prisme de remplissage* et deux *prismes de flottaison*, aura laissé ces deux derniers prismes dans les sas.

Les bateaux qui suivront les $\frac{n-1}{2}$ dont nous venons de parler, ne dépenseront chacun qu'un *prisme de remplissage*.

Si le nombre n des écluses accolées est pair, on voit, en faisant le même raisonnement, 1°. qu'après la descente d'un nombre $\frac{n-2}{2}$ de bateaux, il y aura un *prisme de flottaison* dans chaque écluse, excepté dans la plus élevée, chacun de ces $\frac{n-2}{2}$ bateaux ayant tiré de la retenue superieure un *prisme de remplissage* qui est versé dans la retenue inférieure, et deux *prismes de flottaison* qui sont restés dans les sas; 2°. que le bateau

qui suit ces $\frac{n-2}{2}$ ne trouve plus qu'un sas absolument vide, et n'a besoin, pour descendre, de tirer de la retenue supérieure qu'un *prisme de remplissage* et un *prisme de flottaison* ; 3°. que les bateaux qui suivent les $\frac{n}{2}$ précédents, ne tirent chacun, de la retenue supérieure, qu'un *prisme de remplissage.* En rapprochant ces diverses considérations, on obtiendra les règles les plus simples et les plus générales qu'il soit possible de donner pour la dépense d'eau, quel que soit le nombre des écluses multiples et le nombre des bateaux qui vont à la file l'un de l'autre.

Soient

La hauteur du prisme de flotaison..................	$= t$	
La chute totale..........	$= H$	
Le nombre des écluses....	$= n$	
Le volume du prisme de flottaison................	$= F$	Observer qu'on a
Le volume du prisme de de remplissage............	$= R$	$F = S\,t$
La section horizontale d'un sas......................	$= S$	$R = S\,h$
Le volume d'eau déplacé par un bateau.............	$= B$	
$\frac{B}{S} =$	b	

Le nombre des bateaux qui, allant à la file, franchissent ensemble la chute totale...... $= \mathrm{m}$

Le plus grand nombre pair contenu dans n (qui peut être n lui-même)............. $= \mathrm{N}$

Le volume total de l'eau que les m bateaux ont tiré de la retenue supérieure dans leur passage .... $= \mathrm{V}$

On a les formules générales suivantes applicables aux cas indiqués.

Bateaux descendans.
- 1er. cas...... $\mathrm{m} < \frac{\mathrm{N}}{2}$ ...... $\mathrm{V} = \mathrm{m}\,(2\mathrm{F} + \mathrm{R})$
- 2e. cas qui comprend $\left\{ \begin{array}{l} \mathrm{m} = \frac{\mathrm{N}}{2} \\ \mathrm{m} > \frac{\mathrm{N}}{2} \end{array} \right\}$ ...... $\mathrm{V} = (\mathrm{n} - 1)\,\mathrm{F} + \mathrm{m}\,\mathrm{R}.$

Bateaux montans................. $\mathrm{V} = (\mathrm{n} + \mathrm{m} - 1)\mathrm{R} + (\mathrm{n} - 1)\mathrm{F}.$

Les formules données dans le mémoire du citoyen *Ducros* se déduisent de celles-ci, en faisant $\mathrm{m} = 1$. Le cas de $\mathrm{n} = 1$, m étant quelconque, peut, au premier coup-d'œil, paroître étranger à la formule des bateaux descendans, mais il faut observer que la suite des nombres pairs est 0, 2, 4, 6, etc., et qu'ainsi on a, dans le cas dont il s'agit ;

$N = o$ et par conséquent $m > \frac{N}{2}$, ce qui se rapporte au 2e. cas des bateaux descendans, et donne, par conséquent, $V = mR$, ainsi que cela doit être.

Pour faciliter les applications numériques, on peut substituer aux équations précédentes les trois qui suivent.

Bateaux descendans.
$$\begin{cases} m < \frac{N}{2} & V = mS\ (2t + \frac{H}{n}) \\ m = \frac{N}{2} \\ m > \frac{N}{2} \end{cases} \Big\} V = S\left\{(n-1)\ t + \frac{m}{n} H\right\}$$

$$\text{Bateaux montans.}\ V = S\left\{\frac{m+n-1}{n} H + (n-1)t\right\}$$

Quelques généraux que soient ces résultats, il y a encore un élément de dépense qui n'entre ni dans les formules du citoyen *Ducros*, ni dans celles applicables aux convois de bateaux, et dont il faut cependant tenir compte lorsque le nombre annuel des bateaux qui vont dans un sens est considérable par rapport à celui des bateaux qui vont dans l'autre sens; cet élément est le volume d'eau déplacé par chaque bateau; ce volume doit être diminué sur la dépense pour les bateaux descendans,

descendans ; ensorte qu'un bateau qui peseroit 100 tonneaux, ou 100 000 kilogrammes, dépenseroit dans sa descente 100 mètres cubes de moins que ne donnent les formules précédentes, ce qui, pour quatre ou cinq descentes pareilles, fait à-peu-près une éclusée ordinaire équivalente à la *section de chute* du citoyen *Ducros*, que j'ai nommée *prisme de remplissage*.

Mais il faut observer que cette dépense qui est en moins pour la descente est en plus pour la montée ; car le bateau qui entre dans le sas inférieur, chasse dans la retenue aboutissante à ce sas un volume d'eau d'un poids égal au sien, et ce volume d'eau est ensuite remplacé par la retenue supérieure, lorsque le bateau y entre, en sus de ce que cette retenue a fourni pour l'ascension de ce bateau. En ayant égard à cette double considération, on parvient aux valeurs suivantes qui sont absolument complètes.

ateaux escen-ans.

$$m < \tfrac{N}{2} \quad \ldots \; V = m\,S\,(2t + \tfrac{1}{n}H - b)$$

$$\left.\begin{matrix} m = \tfrac{N}{2} \\ m > \tfrac{N}{2} \end{matrix}\right\} \ldots \; V = S\left\{(n-1)t + m(\tfrac{1}{n}H - b)\right\}$$

Bateaux montans..... $V = S\left\{\frac{n+m-1}{n}H + (n-1)t + mb\right.$

Pour juger des erreurs qu'on peut commettre en négligeant la quantité m b S ou m B, désignons par Z l'élévation totale d'un point ou bassin de partage au-dessus de la rivière avec laquelle il communique par le moyen d'un canal.

Nommons respectivement p et q les nombres de bateaux montans et descendans dans le cours d'une année, B étant toujours le volume d'eau déplacé par un bateau.

L'expression de la dépense annuelle d'eau, faite au point culminant, ou bassin de partage, pourra toujours être mise sous la forme suivante :

$$(Q-P)Z+(Q'-P')t-(q-p)B.$$

Q et Q' sont des coefficients qui se déduisent des règles et des formules précédemment établies, en ayant égard à la marche, à la succession et à la combinaison des bateaux et convois de bateaux, à la disposition et à la combinaison des écluses.

P et P' se rapportent aux volumes d'eau qui, après avoir servi à la montée, servent encore à la descente et réciproquement.

Enfin, le terme (q — p) B exprime un vo-

lume d'eau absolument indépendant de tout ce qui est relatif à la construction du canal et à l'aggrégation des bateaux par convois, il se rapporte uniquement aux nombres respectifs des bateaux montans et descendans, et aux poids de ces bateaux avec leurs charges.

Il me semble que ce terme $(q-p)B$ a été jusqu'à présent entièrement négligé dans tous les calculs qu'on a faits sur la dépense d'eau des canaux; cependant, en supposant $10R = 45B$, ce qui, valeur moyenne, n'est pas très-éloigné de la vérité, on commet une erreur d'un nombre d'*éclusées* ou *prismes de remplissage*, égal à $\frac{2}{9}(q-p)$, en plus ou en moins, suivant qu'on a $q > p$ ou $p > q$ respectivement; et il faut observer que, dans beaucoup de cas, l'excès de q sur p peut aller jusqu'à 1000, à 2000, à 3000, etc.

Il est évident qu'on peut, en combinant de diverses manières les formules que je viens de donner, résoudre avec facilité et exactitude toutes les questions relatives à la partie de la consommation de l'eau dans les canaux, qui n'est pas produite par les filtrations, éva-

poration, etc. ; ainsi voilà la théorie de la dépense d'eau des canaux, quant à ce qui concerne le jeu des écluses, présentée avec toute la simplicité et la généralité dont elle est susceptible. C'est pour la première fois, si je ne me trompe, que tout l'ensemble de cette doctrine se trouve mis sous la forme analytique ; et il falloit de tels motifs pour m'enhardir à présenter à l'assemblée ce supplément au travail intéressant du citoyen *Ducros*.

Paris, le 21 prairial an 9.

R. PRONY.

Avis de l'Assemblée.

L'assemblée des ponts et chaussées adoptant les observations du rapporteur, estime qu'il seroit utile d'ordonner l'impression du mémoire du citoyen *Ducros*, et du rapport ci-dessus à la suite.

A Paris, le 21 prairial, an 9 de la République.

Cessart, Gardeur-Lebrun, Gauthey, Lamandé, Lefebvre, Montrocher, Ducros, R. Prony.

NOTICE

Extraite du catalogue des livres du citoyen Gœury, libraire, quai des Augustins, n°. 47, à Paris.

Élémens de l'Art de la Teinture, par le citoyen Bertholet, *in*-8°. 2 vol. brochés. 8 fr.

Description de l'Art du blanchiment, par l'acide muriatique oxigéné, in-8°., du même. 1 fr. 25 c.

L'Art du blanchiment des toiles, fils et coton de tout genre, par Pajot Descharmes, *in*-8°. fig. 6 fr.

— De la teinture des fils et des étoffes de coton, par le Pilleur d'Apligny, *in*-12 broc. 1 fr. 8 décimes.

— De la teinture des laines et des étoffes de laines en grand et petit teint, avec une instruction sur les débouillis, par Hellot, 1 vol. *in*-12 broc. 2 fr. 5 déc.

L'Art de peindre et d'imprimer les toiles en grand et petit teint, par B.... A. J. D. M. *in*-8°. broch. 1 fr. 8 déc.

Le Nouveau Teinturier parfait, ou Traité de ce qu'il y a de plus essentiel dans la teinture, omis ou caché, par l'auteur de l'Ancien Teinturier parfait, nouvelle édition, par Delormois, *in*-12, 2 vol. broc. 4 fr.

Cours théorique et pratique sur l'Art de la teinture, en laine, soie, fils et coton, fabrique d'indienne grand et petit teint, par Homassel, *in*-8°. broc. 4 f. 5 déc.

Recueil de procédés et d'expériences sur les teintures solides que les végétaux indiquent, commmiquent aux laines et aux lainages, par le cit. Dambournay, négociant, à Rouen, nouv. édition *in*-8°. 1 vol. broc. 3 fr.

Cours comp. de Mathém. de Bezout, à l'usage des gardes du pavillon et de la marine, 6 vol. *in*-8°. nouv. édit. broc. 25 fr.

Chaque volume se vend séparément, savoir :

Arithmétique avec les décimals, 1 vol. broch. 3 fr.

Géométrie, *idem*, 1 vol. broc. 4 fr.

Tome III, Algèbre, avec les notes du cit. Garnier, 5 fr.

Tomes IV et V, méc. 2 vol. avec les notes du c. Garnier, 10 fr.

Tome VI, Traité de Navigation, 1 vol. 5 fr.

Cours complet de mathématiques, à l'usage de l'artillerie. 4 vol. *in*-8°. gr. pap. 24 fr.

Les tomes I et II, contenant l'arith., la géomét. et la trigonom. rectiligne, l'algebre et l'application de l'algebre à la géom. 2 vol. broc. 12 fr

Les tomes III et IV, conten. les princ. gén. de la Mécanique et l'Hydrostatique, etc., etc., *in*-8°. gr. pap. 2 v. broc. 12 fr.
Cours comp. de Mathém. à l'usage des élèves du génie, par le cit. Bossut, membre de l'Institut national de France, *in*-8°. 7 vol. broc. 37 fr.
Séparément, Arithmétique et Algèbre, 1 vol. broc. 5 fr.
Tome II, Géomét. et applic. de l'Algèbre à la Géomét. 5 fr.
Tome III, contenant la Mécanique, broc. 5 fr.
Tomes IV et V, Traité théorique et expérimental d'Hydrodinamique, 10 fr.
Tomes VI et VII, Traité de calcul différenciel et de calcul intégral, broc. 12 fr.
Géométrie descriptive, Leçons données aux Ecoles Normales, l'an 3 de la république, par Gaspard Monge, membre de l'Institut National de France, *in*-4°. broc. 8 fr.
Traité Elémentaire de Statique, à l'usage des Ecoles de la Marine, du même, 3e. édition, *in*-8°. broc. 5 fr.
Elémens de Géométrie, avec des Notes, seconde édit., revue, corr. et augm. de la Trigonométrie; par A. M. Legendre, de l'Institut National de France, un vol. *in*-8°. broc. 6 fr.
Cours élément. et comp. de Math. pures, rédigé par Lacaille, augmenté par Mari, éclairci par Thevenot, 1 gros vol. *in*-8°. br. 6 fr. 5 déc.
Arithmétique de Manduit, *in*-8°. br. 5 fr.
Géométrie de Maudnit, *in*-8°. br. 5 fr. 5 déc.
La Dioptrique occulaire ou la Théorie, la positive et la mécanique de l'oculaire dioptrique, en toutes ses espèces; par le P. Cherubin, d'Orléans, avec 60 planches, 1 v. *in*-fol. 18 fr.
Récréations Physiq. et Math.; par Osanam, *in*-8°. 4 v. r. 24 fr.
Cours comp. de Mathémat. de Para, 1 vol. *in*-8°. rel. 7 fr. 5 d.
Description des projets et de la construction des ponts de Neuilly, de Mantes, d'Orléans, et autres; des projets du canal de Bourgogne, pour la communication des deux mers, par Dijon, et celui de la conduite des eaux de l'Yvette et de Biévre à Paris; nouvelle édition corrigée, augmentée des ponts de Château-Thierry, de Brunoy, des Nonnettes, de Bicheret, de la Newa à Saint-Pétersbourg, et de plusieurs mémoires intéressans sur les éboulemens, les pilots et pieux, les cintremens et décintremens, par Perronet; *in*-8°. gr. pap., avec un vol. de planc. forme d'Atl. br. en cart. 90 fr.
Nouvelle Architecture hydraulique, par Prony, belle édit. imprimée par Didot l'aîné. 60 fr.
Le premier vol. contenant un traité de mécanique, avec 15 pl. *in*-4°. gr. pap. broc. carton. 24 fr.
Le second vol. conten. la description détaillée des machines à feu, avec 40 pl. br. carton. 36 fr.
Architecture hydraulique de Bélidor, en deux parties, la prem. contient l'Art de conduire, d'élever et de ménager les eaux

pour les différens besoins de la vie ; 2 vol *in*-4°. gr. pap. avec 100 planches. 48 fr.

La seconde comprend l'Art de diriger les eaux de la mer et des riv. à l'avantage de la défense des places, du comm. et de l'agric., 2 vol. *in*-4°. gr. pap. avec 120 pl. 52 fr.

Essai sur la construction la plus avantageuse des machines hydrauliques, et particuliérement des moulins à bled, par Fabre, ingén. hydraul. de Provence, *in*-4°. gr. pap. fig. rel. 15 fr.

Traité d'architecture pratique, concernant la maniere de bâtir solidement, avec les observations nécessaires sur le choix des matériaux, leur qualité, leur emploi suivant leur prix fixe à Paris et autres endroits, d'après un tableau de comparaison, le salaire des ouvriers, etc.; par J. F. Monroy, 1 vol. *in*-8°. broc. 4 fr.

Description du nouveau pont de pierre, coustruit sur la rivière d'Allier à Moulins, avec l'exposé des motifs qui ont déterminé son emplacement, et les desseins et détails relatifs à sa construct.; par Regemortes, prem. ingén. des turcies et levées, tiré sur pap. gr. aigle, un vol. *in*-fol., atlas, demi-rel. 24 fr.

OEuvres d'architecture de Dumont, professeur d'arch. des académies de Rome, Florence et Boulogne, 2 vol. *in*-fol. nom de Jesus, demi-rel. 48 fr.

Tome I, contenant les détails de Saint-Pierre de Rome, 24 fr.

Tome II, conten. les princip. salles de spectacles, tant pour la construction que la mécanique, 24 fr.

Toisée général du bâtiment, par Ginet, *in*-8°. 1 vol. rel. 6 fr.

Les loix des bâtimens, par Desgodets, *in*-8°. 1 vol. rel. 6 fr.

Détails des ouvrages de Menuiserie, par Potain, *in*-8°. 1 vol. 7 fr. 5 déc.

Archit. pratique, par Bulet, nouv. éd. par Seguin, *in*-8°. 7 fr.

Le Manuel d'Architecture, par Seguin, *in*-8°. rel. 7 fr.

Dictionnaire d'Architecture, par Daviller, *in*-4°. rel. 16. fr.

Les mesures des édifices antiques de Rome, par Desgodets, *in*-fol. rel. 72 fr.

Archit. de Vitruve, par Perault, 1684, 1 vol. *in*-fol. rel. 72 fr.

— D'Antoine le Pautre, *in*-fol. 1 vol. 48 fr.

OEuvres d'Archit. de J. le Pautre, 3 vol. *in*-fol. p. pap. 70 f.

Répertoire des Artistes, 2 vol. *in*-fol. p. pap. 36 fr.

Les Monum. érigés à la gloire de Louis XV, par Patte, *in*-fol. 30 f.

Archit. des voûtes ou coupes des pierres du père d'Erand, *in*-fol. 24 fr.

Coupe des pierres de la vue, *in*-fol. gr. pap. 5 fr.

— Des pierres de Frezier, *in*-4°. 3 vol. rel. 45 fr.

L'Art de la Charpenterie, par Fourneau, 4°. partie, rel. en 1 vol. *in*-fol. 42 fr.

La première partie séparément, br. 9 fr.

La seconde partie *id.* 9 fr.

La troisième partie, *id.* 12 fr.

La quatrième partie, br. 12 fr.

Les comédies de Terence, trad. nouv. avec le texte latin à côté, et des notes, par l'abbé Lemonnier, *in*-8°. 3 vol gr. pap. hol. rel. v. fil. d'or, bords et bordures dorés sur tranche, fig. de Cochin, belles épreuves, 36 fr.

Le même, sur pap. fin d'Angoul. rel. veau, fil. dor. 24 fr.

Le même, corrigé pour les collèges, rel. baz. *in*-8°. pet. pap. sans fig. 9 fr.

Les Satyres de Perse, trad. nouv. avec le texte latin à côté, et des notes, par l'abbé Lemonnier, *in*-8°. pap. d'Holl. rel. v. dor. sur tr. bords et bordures, 1 vol. fig. de Cochin, b. belles épr. 8 f.

Le même, sur pap. fin d'Angoul. rel. v. fil dor. 6 fr.

Fables et Contes du même, pap. de Holl. *in*-8°. fig. de Cochin, rel. en v. fil. dor. bords et bordures dor. sur tranc. 8 fr.

Le même, sur pap. fin d'Angoulême, rel. v. fil. dor. 6 fr.

Traité sur la science de l'exploitation des mines, par théorie et pratique, par Délius, trad. en franç. par Schreiber, *in*-4°. 2 vol. fig. rel. 30 fr.

— De l'exploitation des mines, avec un traité particulier sur la préparation et le lavage des mines, trad. de l'allemand, par Monnet, 1 vol. *in*-4°. rel. 15 fr.

Méthode pour laver et fondre les mines, par Robert, *in*-12 fig. broc. 3 fr.

Voyages Métallurgiques, ou Recherches et Observations sur les mines et forges de fer, etc. par Q. Jars, *in*-4°. 3 vol. fig. rel. 45 fr.

On trouve chez le même Libraire, les Auteurs en Mathématiques, Architecture, Peinture, Arts militaires, Marine; en général, ce qui tient aux sciences. Il fait la commission pour les départemens.




BIBLIOTECA